สุนทรี ปัทมสูต *
ธงชัย พึ่งรัศมี **

เจษ จิรเจษฎา *
จุมพล คืนตัก *

# "หินสบู่" ที่เขาชะโงก จังหวัดนครนายก

ผู้เขียนขอใช้คำ "หินสบู่" เป็นชื่อเรื่องในบทความนี้ โดยที่มีความเห็นว่าเมื่อพูดถึง"หินสบู่" ในวงการเหมืองแร่จะนึกไปถึง หินที่ผลิตจากเขาชะโงก จังหวัดนครนายก ได้ทันที อีกทั้งเป็นชื่อที่ใช้กันมานานราว 40 ปี แล้ว ความจริงเป็นชื่อที่เหมาะกับสภาพลักษณะทางกายภาพของหินที่เคยผลิตขายจากบริเวณนี้ แต่บังเอิญไปมีความหมายตรงกับคำว่า soapstone ซึ่งหมายถึงหินที่ไม่แข็ง สีเทาแกมเขียว ลื่นมือ และประกอบด้วยแร่ทัลก์ (talc) เป็นส่วนสำคัญ จึงทำให้มีความเข้าใจว่า "หินสบู่" มีส่วนประกอบเหมือนกับแร่ทัลก์ นอกจากเรียกกันว่า "หินสบู่" แล้ว ยังพบว่ามีชื่ออื่นอีก เช่น agalmatolite, pagodite, pyrophyllite, kaolinite halloysite, และ dickite

ผู้เขียนได้ศึกษาเรื่องนี้โดยการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ "หินสบู่" บริเวณเขาชะโงก และได้เก็บตัวอย่างแร่บริสุทธิ์ของ "หินสบู่" มาตรวจวิเคราะห์ทาง X-ray diffraction (XRD); differential thermal analysis (DTA); scanning electron-microscope (SEM) และส่วนประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้ว่าควรจะเป็นแร่ตัวใดแน่ และก็สรุปได้ว่า แร่นั้นคือแร่ดิกไคต์ (dickite) ซึ่งก็ตรงกับรายงานการศึกษาที่เขาชะโงก จังหวัดนครนายก โดยเกษตร พิทักษ์ไพรวัน เมื่อปี พ.ศ.2513

---

* กรมทรัพยากรธรณี

** ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ฯ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## *ธรณีวิทยาแหล่งแร่โดยย่อ*

บริเวณเขาชะโงกประกอบด้วยหินภูเขาไฟ ยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก (Permo-Trias) ได้แก่ หินลาวาชนิดไรโอไลต์ หินชิ้นภูเขาไฟ (pyroclastic rock) พวกไรโอลิติกทัฟฟ์ (rhyolitic tuff) และทัฟฟ์กรวดเหลี่ยม (tuff breccia) แร่ดิกไคต์พบอยู่ 2 แบบ คือ

**1. แบบบรรจุตามรอยแตกในหินภูเขาไฟ** (fracture-filled type) เป็นแร่บริสุทธิ์ สีเขียวแกมน้ำเงิน เขียวแกมเทา หรือเทาแกมเขียว

**2. แบบแทนที่ในหินภูเขาไฟ** (replacement type) โดยแร่ดิกไคต์แทนที่ในหินภูเขาไฟหมดหรือเพียงบางส่วน ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะของหินภูเขาไฟว่ามีแร่ควอรตซ์ปนมากน้อยเพียงใด

## *สมบัติเด่นของแร่*

*1. แร่ทัลก์* (talc) $3MgO.4SiO_2.H_2O$: ระบบผลึกหนึ่งแกนเอียง (monoclinic) ลักษณะเป็นแผ่นบาง เป็นริ้ว ๆ ความแข็ง 1.0 สีเขียว เทา ขาว หรือขาวเงิน ลื่นมือ ชนิดที่มีเนื้อสมานแน่น ขนาดเม็ดละเอียดมากจนไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าเรียก steatite ซึ่งประกอบด้วยแร่ทัลก์ล้วน ส่วนประกอบเคมีของแร่ทัลก์บริสุทธิ์ MgO 31.7% $SiO_2$ 63.5% และ $H_2O$ 4.8%

*2. หินสบู่* (soapstone) : หินที่ประกอบด้วยแร่ทัลก์เป็นส่วนสำคัญ มีมลทินอื่นปน เนื้อสมานแน่น สีเทาแกมเขียว ลื่นมือ

*3. แร่ไพโรฟิลไลต์* (pyrophyllite): $Al_2O_3.4SiO_2.H_2O$: ระบบผลึกหนึ่งแกนเอียง ลักษณะเป็นแผ่นบาง เป็นริ้ว ๆ เหมือนกับแร่ทัลก์ ความแข็ง 1-2 สีขาว เขียว เทา หรือน้ำตาล ลื่นมือ ชนิดที่มีเนื้อสมานแน่น เรียก pagodite หรือ agalmatolite ส่วนประกอบเคมีของแร่ไพโรฟิลไลต์ $Al_2O_3$ 28.3% $SiO_2$ 66.7% $H_2O$ 5% XRD pattern 9.16 A (002); 4.58 A (004); 3.05 A (006)

*4. กลุ่มเคโอลิไนต์* (The Kaolinite Group) คือ แร่ดินกลุ่มหนึ่งได้แก่ แร่เคโอลิไนต์ แร่ฮาลลอยไซต์ (halloysite) แร่ดิกไคต์ (dickite) แร่ดินกลุ่มนี้มีโครงสร้างเป็นชั้น แต่ละชั้นหน่วย (unit layer) ประกอบด้วย silica tetrahedron หนึ่งแผ่น (sheet) และ alumina octahedron หนึ่งแผ่น โครงสร้างของผลึกประกอบด้วยชั้นหน่วยหลาย ๆ ชั้นเรียงซ้อนกันในทิศทางของแกน C และจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างไอออน OH ของแผ่นoctahedron ของชั้นหนึ่งกับออกซิเจนของแผ่น tetrahedron ในชั้นถัดไป

4.1 แร่เคโอลิไนต์ (Kaolinite) $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ ส่วนประกอบทางทฤษฎีเป็น $Al_2O_3$ 39.50% $SiO_2$ 46.54% และ $H_2O$ 13.96% สีขาว รูปผลึกอยู่ในระบบสามแกนเอียง (triclinic) แต่ละชั้นหนาประมาณ 7.15 อังสตรอม (A) (แผ่น tetrahedron = 2.1 A; แผ่น octahedron = 5.05 A) ซึ่งเป็นหน้าผลึก (001) ลักษณะเด่นทาง X-ray diffraction pattern จะได้ยอดเด่น (strong peak) ที่ 7.15 A = (001) และ 3.57 A = (002) ถ้าเผาเกิน 450° ซ. ยอดทั้งสองจะยุบหายไป รูปร่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเป็นแผ่นของผลึก 6 เหลี่ยม ในกรณีที่เป็นผลึก well defined หากเป็นผลึก disordered จะเป็นแผ่นแต่ลักษณะ 6 เหลี่ยมไม่ชัดเจน ขอบของแผ่นจะไม่เรียบ โดยทั่วไปพวกผลึก disordered หรือpoorly crystallized จะมีขนาดเล็กและบางกว่าพวก well crystallized สมบัติของแร่ต่อการแปลงทางอุณหภูมิโดยวิธี Differential Thermal Analysis (DTA) : endothermic 550°- 600°C ; exothermic 925°-1,030°C

4.2 แร่ดิกไคต์ (dickite) $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$. ส่วนประกอบทางทฤษฎีเป็น $Al_2O_3$ 39.50% $SiO_2$ 46.54% และ $H_2O$ 13.96% เหมือนกับแร่เคโอลิไนต์ รูปผลึกอยู่ในระบบหนึ่งแกนเอียง (monoclinic) ดิกไคต์ต่างจากเคโอลิไนต์ ตรงการเรียงซ้อนกันของชั้น เซลล์หน่วย (unit cell) คล้ายกับของเคโอลิไนต์ เว้นแต่มีชั้น $SiO_2$-$Al_2O_3$ สองชุด ลักษณะเด่นทาง X-ray diffraction pattern คล้ายกับของเคโอลิไนต์ แต่จะให้ความเข้มมากกว่ายอดเด่นที่ 7.15 A = (002) และ 3.58 A = (004) รูปร่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็ก-

โครงสร้างของกลุ่มเคโอลิไนต์

| แร่ | ระบบผลึก | มิติผลึก แกนอังสตรอม (A) a | b | c | มุม α | β | γ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ดิกไคต์ | monoclinic | 5.15 | 8.96 | 14.45 | 90° | 96° 50' | 90° |
| เคโอลิไนต์ | triclinic | 5.14 | 8.93 | 7.37 | 91° 36' | 140° 48' | 90° |
| เมตาฮาลลอยไซต์ | pseudo-hexagonal | 5.1 | 8.9 | 7.2 | (90°) | (90°) | 90° |

(ที่มา : Grimshaw, R.W., 1980 หน้า 131)

ตรอนเป็นแผ่น 6 เหลี่ยม และยาวไปทางใดทางหนึ่ง DTA : endothermic 500°-750° C; exothermic 970°-1,030° C

**4.3 แร่ฮาลลอยไซต์** (halloysite) มี 2 รูป

1) $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ สูตรเหมือนเคโอลิไนต์ เรียกว่า dehydrated halloysite, metahalloysite, normal halloysite, หรือ halloysite-7A ลักษณะเด่นทาง X-ray diffraction pattern ยอดเด่นที่ 7.2 A (001), 4.42 A, และ 3.63 A (002) DTA: endothermic 500°-650° C; exothermic 970°-1,030°C

2) $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$ เรียกว่า hydrated halloysite, halloysite-10 A, หรือ endellite ส่วนประกอบทางทฤษฎี $Al_2O_3$34.66% $SiO_2$ 40.86% และ $H_2O$ 24.48% ลักษณะเด่นทาง X-ray diffraction pattern ยอดเด่นที่ 10.1 A (001), 4.42 A, และ 3.34 A (003) ความแตกต่างของยอด 10.1 A ใน hydrated และ 7.2 A ใน dehydrate เท่ากับ 2.9 A เนื่องจากมีชั้นของน้ำแทรก ถ้าเผาที่ 80°-110° ซ จะทำให้ halloysite-10 A เปลี่ยนเป็น halloysite-7 A และจะไม่สามารถเปลี่ยนกลับโดยแทนที่ด้วยน้ำอีก DTA: endothermic 500°-650° C; exothermic 970°-1,030° C

ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แร่ฮาลลอยไซต์ มีรูปร่างเป็นหลอด (tubular) เส้น (fibrous) หรือแท่ง (rod)

## การตรวจแร่ดิกไคต์ เขาชะโงก

ตัวอย่างที่นำมาตรวจวิเคราะห์เป็นแร่ที่บรรจุตามรอยแตกในหินภูเขาไฟ แร่บริสุทธิ์ เนื้อผลึกซ่อนรูป (cryptocrystalline) สมานแน่น (massive) และแข็ง (indurated) ความแข็งตามสเกลของโมส์อ่อนกว่า 2.5 แต่แข็งกว่า 2.0 สีเขียวแกมเทาและโปร่งแสง

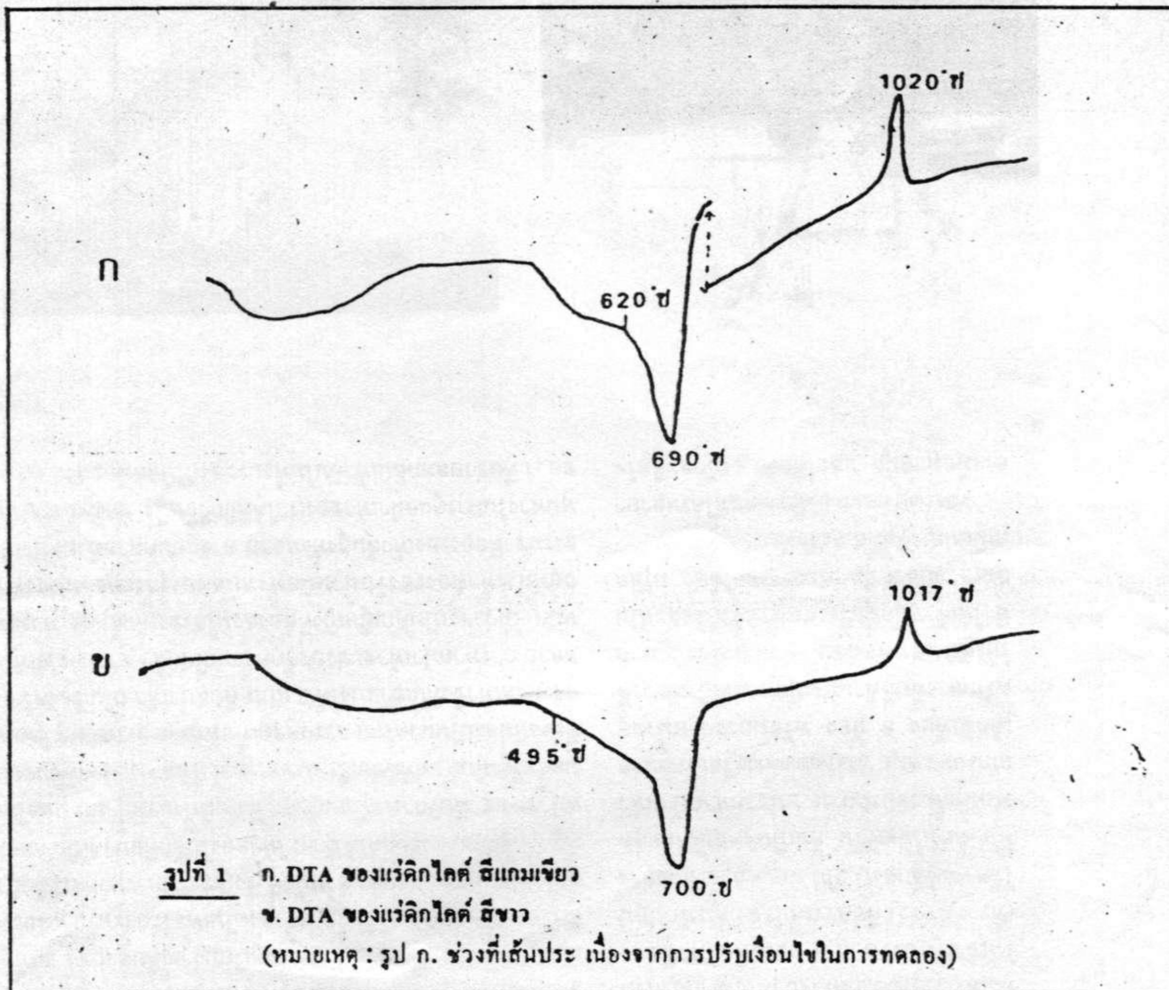
**1. ผลวิเคราะห์เคมี** (%)

$SiO_2$ $Al_2O_3$ $Fe_2O_3$ CaO MgO $K_2O$ $Na_2O$ MnO $TiO_2$ $H_2O$+ $H_2O$- I.L. 45.2 39.86 0.85 0.07 0.02 0.002 0.02 0.01 0.11 13.11 0.14 14.07 (ผู้ทำการวิเคราะห์ : ยุคล อิศรางกูร ณ อยุธยา กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี 27 มิ.ย. พ.ศ.2516)

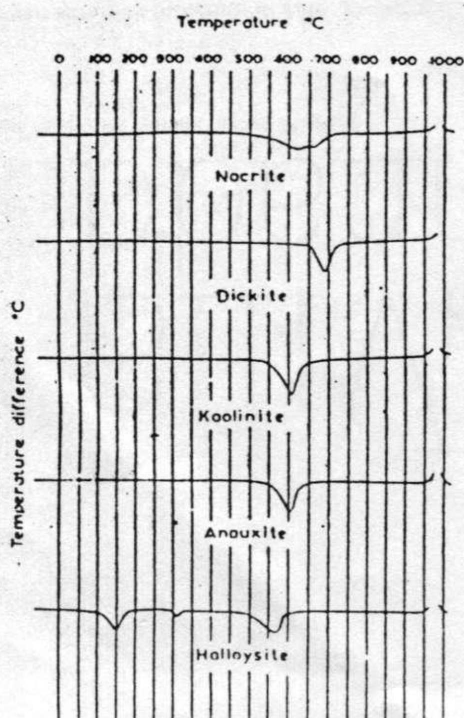
**2. ผลทาง Differential Thermal Analysis** (DTA)

Dr. Takeno (Dept. of Minerology, Hiroshima University) ได้ให้ความร่วมมือตรวจตัวอย่างแร่ดิกไคต์ที่เกิดแบบแทนที่ในหิน rhyolitic tuff จากแหล่งเขาชะโงก ซึ่งมีสีแกมเขียว (greenish) กึ่งโปร่งแสง และสีขาว หรือเทาอ่อน ทึบแสง โดยวิธี DTA ดังรูปที่ 1

ตัวอย่างสีแกมเขียวให้ endothermic peak ที่ 690° ซ. และ exothermic peak ที่ 1,020° ซ ส่วนตัวอย่างสีขาวให้ endothermic peak ที่ 700° ซ. และ exothermic peak ที่ 1,017° ซ. โดยการเผาตัวอย่างในอัตรา 10° ซ ต่อนาที




รูปที่ 1 ก. DTA ของแร่ดิกไคต์ สีแกมเขียว
ข. DTA ของแร่ดิกไคต์ สีขาว
(หมายเหตุ : รูป ก. ช่วงที่เส้นประ เนื่องจากการปรับเงื่อนไขในการทดลอง)

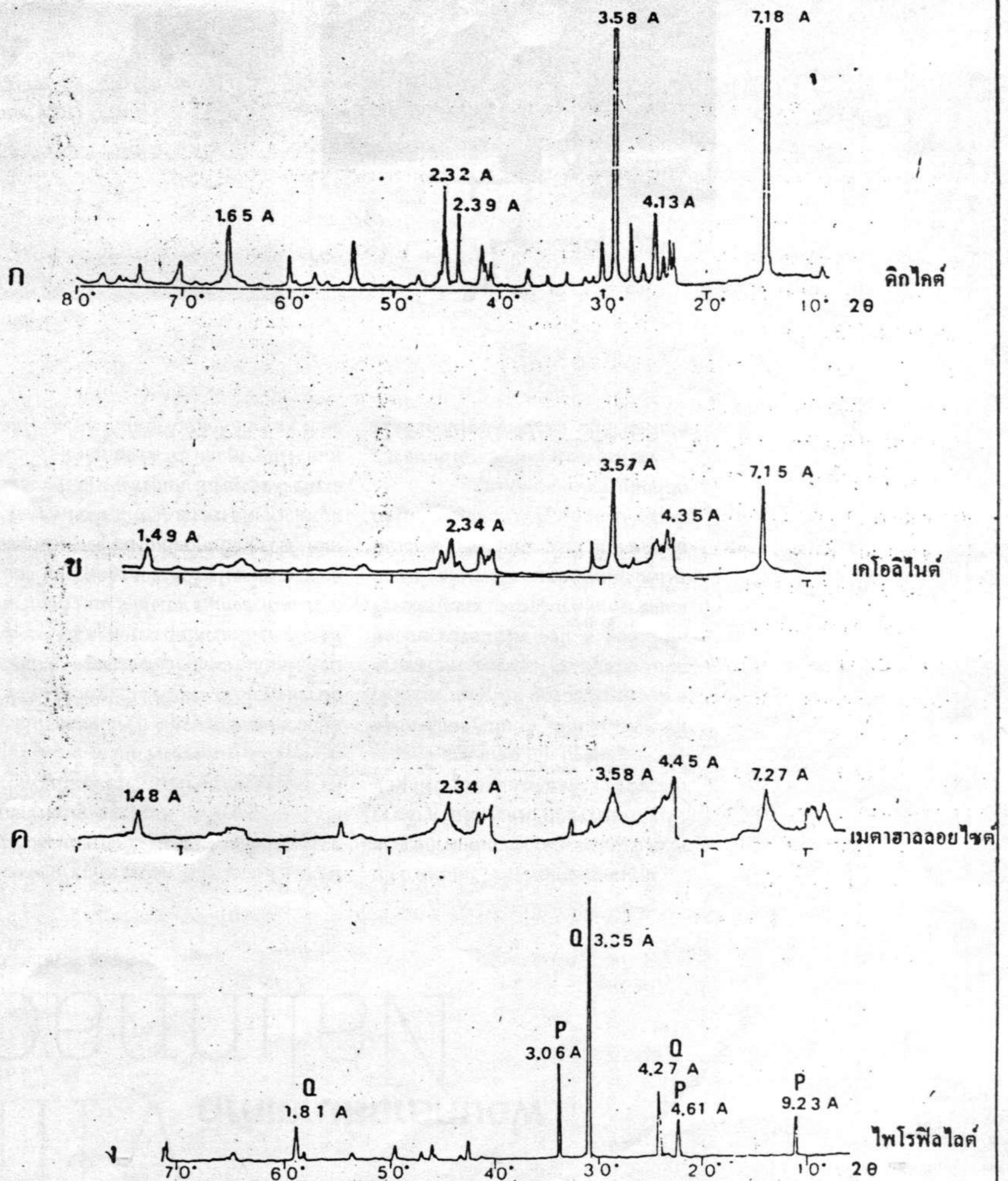



รูปที่ 2 DTA ของแร่ดินในกลุ่มเคโอลิไนต์ แสดงเฉพาะ endothermic peaks
(ที่มา : Norton, F.H., 1939)

จากรูปที่ 2 เปรียบเทียบผลการทดสอบโดยวิธี DTA ของแร่ดินในกลุ่มเคโอลิไนต์ แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของตำแหน่ง endothermic peak (คัดจาก Norton, F.H. 1939)

**3. ผลวิเคราะห์ทาง X-ray diffraction**

ตัวอย่างที่ผ่านการบดเป็นผงนำมาวิเคราะห์แบบ unoriented sample ใช้หลอด Co Ka radiation




รูปที่ 3 แสดง XRD patterns ของ
ก. แร่คิกไคต์ เขาชะโงก จังหวัดนครนายก
ข. แร่เคโอลิไนต์ อำเภอระแงะ จังหวัดนราธิวาส
ค. แร่เมตาฮาลลอยไซต์ อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน
ง. แร่ไพโรฟิลไลต์ อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย
P : ไพโรฟิลไลต์ Q : ควอรตซ์
(หมายเหตุ : ทุกตัวอย่างทำการตรวจสอบ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน)

รูปที่ 3 ก. แสดง XRD pattern ของตัวอย่างแร่จากเขาชะโงก โดยมี reflection ที่มียอดสูงสุดเรียงตามลำดับดังนี้ 7.18 A, 3.58 A และ 2.32 A สำหรับ reflection อื่น ๆ สามารถเทียบตาม ASTM File No. 10-430 DICKITE ได้หมด แต่เมื่อเทียบกับ File ของ KAOLINITE จะพบว่า reflection เด่น ๆ ยังเทียบลงได้ เว้นแต่ reflections ที่มีความเข้มต่ำ จะเทียบเข้าไม่ได้ แสดงถึง XRD pattern ของแร่ดิกไคต์ที่ต่างไปจากของแร่เคโอลิไนต์ หากตรวจตั้งแต่มุมต่ำ 3°-มุมสูง 70° 2θ

ในกรณีของแร่ฮาลลอยไซต์นั้น ตำแหน่ง ความเข้ม และลักษณะของ reflection จะแตกต่างจากของแร่ดิกไคต์ รูปที่ 3 ข, ค, ง เป็นการเปรียบเทียบ XRD ของแร่เคโอลิไนต์จากแหล่งดินขาว ตำบลจวบ อำเภอระแงะ จังหวัดนราธิวาส แร่ฮาลลอยไซต์จากแหล่งแร่ฟลูออไรต์ อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน และแร่ไพโรฟิลไลต์ จากอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

4. ลักษระรูปร่างของแร่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ scanning (SEM)

การศึกษาลักษณะรูปร่างของผลึกแร่ดินในกลุ่มเคโอลิไนต์ และแร่ไพโรฟิลไลต์ได้รับความร่วมมือจากหน่วยจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รูปร่างของแร่ดิกไคต์ เขาชะโงก เป็นแบบ 6 เหลี่ยมด้านไม่เท่า วางทับเป็นชั้น ๆ ซ้อนกัน (รูปที่ 4 ก, ข, ค) แร่เคโอลิไนต์จากแหล่งดินขาว ตำบลโต๊ะเด็ง อำเภอสุไหงปาดี จังหวัดนราธิวาส ลักษณะเป็นแผ่น ขอบไม่เรียบ และซ้อนกันไม่หนา (รูปที่ 5 ก) แร่ฮาลลอยไซต์จากแหล่งแร่ฟลูออไรต์ อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน ลักษณะเป็นแท่ง ๆ คล้ายเม็ดข้าวสารกระจายกันไม่เป็นระเบียบ (รูปที่ 5 ข) แร่ไพโรฟิลไลต์ จากอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ลักษณะเป็นแผ่นหนาซ้อนกัน ขอบไม่เรียบ แตกเป็นเหลี่ยม คม (รูปที่ 5 ค)

## *บทวิจารณ์*

1. ผลวิเคราะห์เคมีของแร่ดิกไคต์จากเขาชะโงก มี MgO เพียง 0.02% และ $Al_2O_3$ 39.86% จึงควรเป็นแร่ในกลุ่มเคโอลิไนต์ไม่ใช่แร่ทัลก์หรือ soapstone ซึ่งมีปริมาณ Mgo 31.7% และไม่มี $Al_2O_3$

2. ผลทาง XRD ไม่มียอดที่ ~ 9 A, ~ 4.5 A, และ ~ 3.0 A ซึ่งเป็นยอดเด่นของแร่ไพโรฟิลไลต์ อีกทั้งผลวิเคราะห์เคมีก็มีปริมาณของ $Al_2O_3$ มากกว่าและ $SiO_2$ น้อยกว่าในแร่ไพโรฟิลไลต์จึงไม่ควรเป็นแร่ไพโรฟิลไลต์ หรือ pagodite หรือ agalmatolite

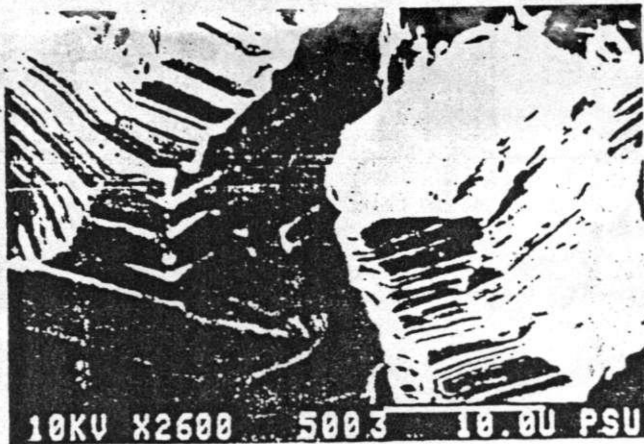
3. แร่ดินในกลุ่มเคโอลิไนต์ อันได้แก่ แร่เคโอลิไนต์ แร่ฮาลลอยไซต์ และแร่ดิกไคต์ แตกต่างกันตรงที่แร่ดิกไคต์มีลักษณะแข็งโดยที่เนื้อสมานแน่น ส่วนอีก 2 ชนิดนั้นมีลักษณะร่วน

3.1 ลักษณะ XRD pattern ของแร่ฮาลลอยไซต์ จะต่างจากแร่เคโอลิไนต์และแร่ดิกไคต์โดยที่ reflection ของแร่ฮาลลอยไซต์จะกว้างไม่แหลม hydrated halloysite มียอด ~ 10 A และ dehydrated halloysite มียอด ~ 7.2 A ส่วน XRD ของแร่เคโอลิไนต์ และแร่ดิกไคต์จะคล้ายคลึงกัน

3.2 จาก DTA สามารถบอกความแตกต่างของแร่เคโอลิไนต์ แร่ฮาลลอยไซต์ และแร่ดิกไคต์ จาก endothermic peak ที่ ~ 585°, ~ 610° และ ~ 695° ซ ตามลำดับ

3.3 รูปลักษณะภายใต้กล้อง SEM ของแร่ดิกไคต์เป็นแท่ง 6 เหลี่ยมด้านไม่เท่า ยาวมาตามแกน C ต่างจากแร่ฮาลลอยไซต์ ซึ่งเมื่อขยาย 15,000 เท่าเป็นแท่งยาวแบนเรียบ

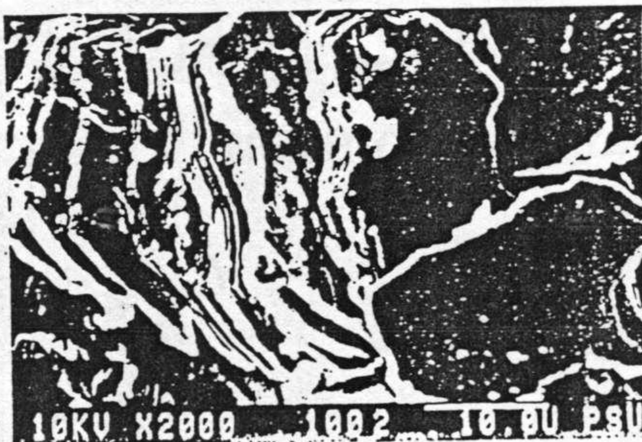
4. จาก XRD pattern ซึ่งมี reflections ในตำแหน่งต่าง ๆ เฉพาะตลอดจนรูปร่างภายใต้ SEM แสดงว่าตัวอย่างแร่ดิกไคต์ที่นำมาตรวจวิเคราะห์นี้ เป็นตัวอย่างแร่ดิกไคต์บริสุทธิ์




ก. แร่ดิกไคต์ เขาชะโงก
ความยาวของผลึก 6 เหลี่ยมด้านไม่เท่า
วางทับกันเป็นชั้น ๆ
(กำลังขยาย 2,600 เท่า)

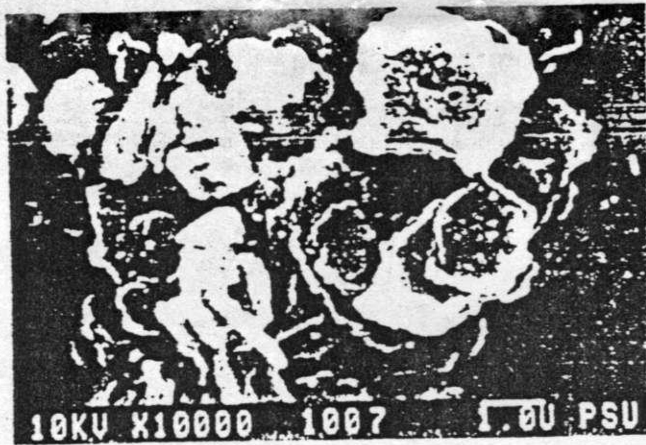



ข. แร่ดิกไคต์ เขาชะโงก
(กลางภาพ) แสดงด้านข้างและพื้นผิวของ
ผลึก 6 เหลี่ยม
(กำลังขยาย 2.000 เท่า)

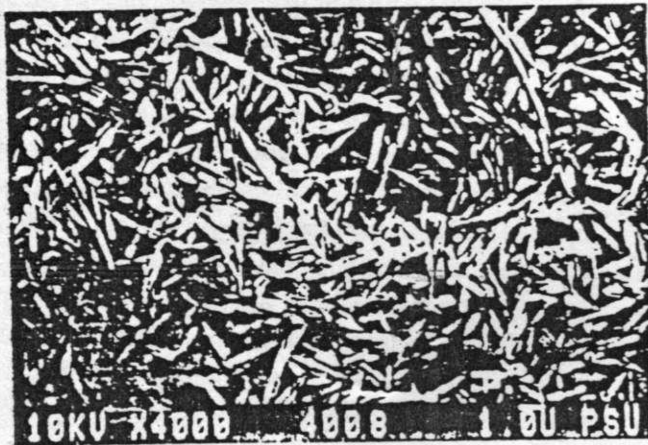



ค. แร่ดิกไคต์ เขาชะโงก
แสดงการแตกเป็นแผ่น
(กำลังขยาย 2.000 เท่า)

รูปที่ 4 ภาพลักษณะรูปร่างของแร่ดิกไคต์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบ Scanning




ก. แร่เคโอลิไนต์ ตำบลโต๊ะเด็ง
จังหวัดนราธิวาส
(ด้านขวา) แสดงแผ่นผิวหน้าของรูป ๖
เหลี่ยมด้านไม่เท่าที่ไม่สมบูรณ์
(กำลังขยาย 10,000 เท่า)




ข. แร่ฮาลลอยไซต์ อำเภอแม่ทา
จังหวัดลำพูน
แสดงลักษณะแท่ง คล้ายเม็ดข้าวสาร กระจาย
ไม่เป็นระเบียบ
(กำลังขยาย 4,000 เท่า)




ค. แร่ไพโรฟิลไลต์ อำเภอเชียง
ของจังหวัดเชียงราย
แสดงลักษณะแผ่นผิวหน้าด้านข้าง (ซ้ายของภาพ)
ขอบไม่เรียบ แตกเป็นเหลี่ยม คม
(กำลังขยาย 1,300 เท่า)

รูปที่ ๕ ภาพลักษณะรูปร่างของแร่ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบ Scanning

## *สรุป*

*การตรวจวิเคราะห์แร่ตัวอย่างจากแหล่งเขาชะโงก จังหวัดนครนายก โดยวิธีเคมี* Differential Thermal Analysis, X-ray Diffraction *และ* Scanning Electron Microscope *ได้ผลดังนี้*

*1) จากผลทางเคมี และ* XRD *บอกได้ว่าควรเป็นแร่ดินในกลุ่มเคโอลิไนต์ ไม่ใช่แร่ไพโรฟิลไลต์*

*2) จาก* DTA, SEM *และ* XRD *(พิจารณาตั้งแต่ 5-70°2θ) ควรเป็นแร่ดิกไคต์ ไม่ใช่แร่เคโอลิไนต์ หรือแร่ฮาลลอยไซต์*

### *เอกสารอ้างอิงและประกอบเรื่อง*


เกษตร พิทักษ์ไพรวัน, 2513, รายงานการศึกษาที่เขาชะโงก จังหวัดนครนายก, กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 8 หน้า

ชัยยันต์ หินทอง และคณะ, 2528, แผ่นที่ธรณีวิทยา ระวาง ND 47-8; จังหวัดพระนครศรีอยุธยา : มาตราส่วน 1 : 250,000

Allen, D.K. and Mortensen, K.S., 1973, Metallurgy and Materials Science Laboratory Manual: Am. Tech. Soc., Chicago, p.91-96.

Brindley, G.W. and Porter, A.R.D. 1978, Occurrence of dickite in Jamica-ordered and disordered varieties: Am. Min. 63, p.554-562.

Carroll, D., 1970, Clay minerals: A guide to their X-ray identification; Geol. Soc. of Am., Spec. paper 126, 80 p.

Grim, R.E., 1968, Clay mineralogy, 2nd ed. : McGraw-Hill, New York, p.51-77, 126-139.

Grimshaw, R.W., 1980, The chemistry and physics of clays, 4th ed: John Wiley, New York, p.968-969.

Kuhnel, R.A. and Vudhichativanich, S, 1987, Halloysite in Fluorite Deposit, Mae Ta, Lampun, North Thailand; Jour. of the Geol. Socie. of Thailand. vol. 9, no. 1-2, p.21-25.

Norton, F.H., 1939, Critical study of the differential thermal method for the identification of clay minerals; J.A. Cer. S. vol. 22, p.54.

Singer, F. and Singer, S.S., 1963, Industrial Ceramics; Chapman & Hall, London, p.314.



คำขอบคุณ

Dr. Hideho SAWATA, Mr. Koichi TANAKA - ติดต่อ

Dr. TAKENO ตรวจตัวอย่างแร่ดิกไคต์ด้วยวิธี DTA

Dr. TAKENO จาก HIROSHIMA UNIVERSITY - ตรวจวิเคราะห์

คุณยุคล อิศรางกูร ณ อยุธยา (กรมทรัพยากรธรณี) - วิเคราะห์เคมี

คุณสากล สุวลักษณ์ และคุณสุภาพ เกียรติทับทิว (ภาควิชาพยาธิวิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์) - ถ่ายภาพแร่